

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 8月23日

出願番号

Application Number: 特願2002-244238

[ST.10/C]:

[JP2002-244238]

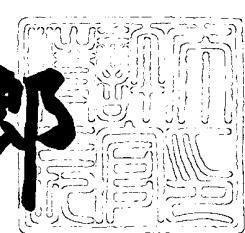
出願人

Applicant(s): インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

2002年12月13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2002-3099058

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP9020128

【提出日】 平成14年 8月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 木坂 正志

【特許出願人】

【識別番号】 390009531

【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

【識別番号】 100086243

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 博

【代理人】

【識別番号】 100091568

【弁理士】

【氏名又は名称】 市位 嘉宏

【代理人】

【識別番号】 100108501

【弁理士】

【氏名又は名称】 上野 剛史

【復代理人】

【識別番号】 100104880

【弁理士】

【氏名又は名称】 古部 次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081504

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706050

【包括委任状番号】 9704733

【包括委任状番号】 0207860

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 データ記憶装置、サーボ制御方法およびプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体に対してデータの読み書きを行うためのヘッドの支持および移動を行うアクチュエータと、

前記ヘッドにて前記記録媒体を走査して得られる位置誤差信号をフィードバックし前記アクチュエータの動作を制御するサーボ制御部と、

前記サーボ制御部から送信されたサーボ信号より予め設定された中心周波数成分の利得を低減するノッチフィルタと、

前記アクチュエータの共振周波数と前記ノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出するずれ検出手段と、

前記ずれ検出手段によるずれ検出結果に基づいて前記ノッチフィルタに設定された中心周波数の設定値を変更する変更手段とを備えることを特徴とするデータ記憶装置。

【請求項2】 前記ずれ検出手段は、

前記サーボ制御部から送信されたサーボ信号より前記共振周波数に対応した中心周波数成分を通過させるバンドパスフィルタと、

前記共振周波数を含む信号を入力とし、当該信号の当該共振周波数における位相を所定量シフトさせる位相シフタと、

前記バンドパスフィルタを通過した信号と前記位相シフタを通過した信号とを乗算する乗算器と

を有することを特徴とする請求項1に記載のデータ記憶装置。

【請求項3】 前記ずれ検出手段は、

前記乗算器により乗算された出力結果を平均化する平均化器をさらに有することを特徴とする請求項2に記載のデータ記憶装置。

【請求項4】 前記位相シフタが、前記所定量として 90° の位相遅れを生じさせるオールパスフィルタからなることを特徴とする請求項2に記載のデータ記憶装置。

【請求項5】 前記変更手段は、前記乗算器による乗算結果が所定の値を超

えた場合に前記ノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、当該乗算器による乗算結果が所定の値を下回った場合に当該ノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせることを特徴とする請求項2に記載のデータ記憶装置。

【請求項6】 前記ノッチフィルタは、

前記サーボ制御部から送信された前記サーボ信号を通過させるオールパスフィルタと、

前記オールパスフィルタを通過した信号と当該オールパスフィルタを通過しない前記サーボ信号とを加算する第一の加算器とを含み、

前記バンドパスフィルタは、

前記オールパスフィルタと、

前記オールパスフィルタを通過した信号の負の値と当該オールパスフィルタを通過しない前記サーボ信号とを加算する第二の加算器とを含むことを特徴とする請求項1に記載のデータ記憶装置。

【請求項7】 サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す第一のステップと、

前記共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する第二のステップと、

前記共振周波数側に前記ノッチフィルタの前記中心周波数をシフトさせる第三のステップと

を含むことを特徴とするサーボ制御方法。

【請求項8】 前記第一のステップでは、

バンドパスフィルタにサーボ信号を通過させることを特徴とする請求項7に記載のサーボ制御方法。

【請求項9】 前記第二のステップでは、取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を90°遅らせた遅延信号とを乗算し、

前記第三のステップでは、前記第二のステップにおける出力が所定の値を超えた場合に前記ノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、当該出力が所定の値を下回った場合に当該ノッチフィルタに設定された中心周波

数を高周波側にシフトさせること
を特徴とする請求項7に記載のサーボ制御方法。

【請求項10】 前記第二のステップでは、
取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を90°遅らせた
遅延信号とを乗算した後、乗算された出力結果を平均化すること
を特徴とする請求項9に記載のサーボ制御方法。

【請求項11】 コンピュータに、
サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す機能と、
前記共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する
機能と、
前記共振周波数側に前記ノッチフィルタの前記中心周波数をシフトさせる機能
と
を実現させることを特徴とするプログラム。

【請求項12】 前記サーボ信号中に含まれる前記構造体の前記共振周波数
を取り出す機能は、
バンドパスフィルタにサーボ信号を通過させること
を特徴とする請求項11に記載のプログラム。

【請求項13】 前記共振周波数と前記ノッチフィルタに設定された中心周
波数とのずれを検出する機能は、

取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を90°遅らせた
遅延信号とを乗算することであり、

前記共振周波数側に前記ノッチフィルタの前記中心周波数をシフトさせる機能
は、

前記第二のステップにおける出力が所定の値を超えた場合に前記ノッチフィル
タに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、当該出力が所定の値を下回
った場合に当該ノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせ
ること

を特徴とする請求項11に記載のプログラム。

【請求項14】 前記共振周波数と前記ノッチフィルタに設定された中心周

波数とのずれを検出する機能は、

取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を90°遅らせた遅延信号とを乗算した後、乗算された出力結果を平均化することを特徴とする請求項13に記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、機械的な共振の抑制に関し、特に、ノッチフィルタを利用した機械的な共振の抑制に関する。

【0002】

【従来の技術】

コンピュータ装置等の外部記憶装置として広く用いられるハードディスクドライブは、磁気ディスクに記憶されているユーザデータを読み出し、または磁気ディスクにユーザデータを書き込むための磁気ヘッドを備えている。磁気ヘッドは、VCM(Voice Coil Motor)によって揺動するアクチュエータ機構に装着されている。磁気ヘッドがユーザデータの読み取りまたはユーザデータの書き込みを行う場合、アクチュエータ機構を駆動することにより、磁気ヘッドを特定のトラック(ターゲットトラック)に移動且つ位置決めさせる。磁気ヘッドは、磁気ディスク上に記憶されたサーボ情報を手がかりに所定の位置への移動制御がなされる。

【0003】

ハードディスク等の磁気ディスクには、同心円状に複数のデータトラックが形成されていると共に、磁気ディスクの半径方向に沿って識別情報およびバーストパターンが予め記憶されたサーボトラックが形成されている。この識別情報およびバーストパターンが、上述したサーボ情報を構成する。識別情報は、各データトラックのトラックアドレスを表す情報であり、磁気ヘッドによって読み取られた識別情報に基づいて、磁気ヘッドのおおよその位置、すなわち磁気ヘッドがどのデータトラックに対応する位置にいるかを判断できる。また、バーストパターンは、各々信号が記憶された領域が磁気ディスクの半径方向に沿って一定間隔で配列され互いに信号記憶領域の位相が異なる複数のバーストパターン列で構成さ

れている。磁気ヘッドからバーストパターンに応じて出力される信号(ポジション・エラー・シグナル: PES)に基づいて、磁気ヘッドの細かな位置、すなわち対応しているデータトラックに対し、磁気ヘッドの位置がどの程度ずれているかに関する偏差を検出できる。

【0004】

磁気ディスクに対するユーザデータの読み取りまたは書き込みは、磁気ディスクが回転している状態で、磁気ヘッドで読み取られた識別情報に基づいて磁気ヘッドのおおよその位置を判断しながら磁気ヘッドを移動させて磁気ヘッドをターゲットトラックに対応させ、次に磁気ヘッドからバーストパターンに応じて出力される信号に基づいて磁気ヘッドをターゲットトラックに正確に位置決めした後に行われる。この一連の制御をシーク(Seek)制御という。また、ユーザデータの読み取りまたは書き込みを行っている間も、PESに基づいて、ターゲットトラックに対し、磁気ヘッドが追従するようにフィードバック制御が行われる。この一連の制御をフォロイング(Following)制御という。これらは所謂サーボ制御の一例である。

【0005】

このようなサーボ制御において、例えばアクチュエータ等のメカが特定の共振周波数で機械的に共振すると、この共振周波数の振幅がPESに重畠されてしまい、磁気ヘッドのシーク動作やフォロイング動作が不安定になってしまうという問題がある。

そこで、従来のハードディスクドライブでは、サーボループ中に共振周波数と同じ中心周波数のノッチフィルタ(Notch Filter)を挿入し、このノッチフィルタによって制御信号に含まれる共振周波数の利得を低減することで、シーク動作およびフォロイング動作を安定させるようにしていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、アクチュエータには微妙な個体差があり、各アクチュエータによってその共振周波数は異なる。また同一のアクチュエータであっても、温度変化によってその共振周波数は変化する。ここで、アクチュエータの共振周波数がノッ

チフィルタに設定された中心周波数を中心とする遮断周波数帯域と著しく異なる場合は、出荷時の検査で異常が露呈するために問題とはならないが、アクチュエータの共振周波数がノッチフィルタの遮断周波数帯域から少しだけずれている場合は、出荷時の検査で異常が判明しにくく、出荷後に問題が判明するおそれがある。特に最近では、記録密度を向上させるためにデータトラックの幅を狭く設定していることから、低周波の外乱による影響を抑制するためにサーボ帯域周波数を上げていく必要があり、比較的高い周波数における機械的共振の影響が顕著になっている。

【0007】

本発明は、以上の技術的課題を解決するためになされたものであって、その目的とするところは、サーボ制御性能の低下を抑制しながら、アクチュエータ等の共振周波数の影響を低減することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

このようなアクチュエータの共振周波数のばらつきや変化に対する対応策として、ノッチフィルタのQ値を小さくして遮断周波数帯域幅を大きくすることが考えられる。ところが、ノッチフィルタの遮断周波数帯域幅を大きくした場合には、ノッチフィルタに設定された中心周波数よりも低い周波数に存在するサーボ帯域周波数での位相遅れが大きくなってしまい、サーボループの位相余裕が減少してサーボ制御性能の低下を招いてしまう。

そこで、本発明者は、ノッチフィルタの遮断周波数帯域幅を広くする代わりに、遮断周波数(カットオフ周波数)そのものを実際のメカ系の共振周波数に合わせてアクティブに変更することが好ましいという知見を得、本発明を案出するに至った。

【0009】

すなわち、本発明のデータ記憶装置は、記録媒体に対してデータの読み書きを行うためのヘッドの支持および移動を行うアクチュエータと、ヘッドにて記録媒体を走査して得られる位置誤差信号をフィードバックしアクチュエータの動作を制御するサーボ制御部と、サーボ制御部から送信されたサーボ信号より予め設定

された中心周波数成分の利得を低減するノッチフィルタと、アクチュエータの共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出するずれ検出手段と、ずれ検出手段によるずれ検出結果に基づいてノッチフィルタに設定された中心周波数の設定値を変更する変更手段とを備えることを特徴としている。

【0010】

ここで、ずれ検出手段は、サーボ制御部から送信されたサーボ信号より共振周波数に対応した中心周波数成分を通過させるバンドパスフィルタと、共振周波数を含む信号を入力とし、信号の共振周波数における位相を所定量シフトさせる位相シフタと、バンドパスフィルタを通過した信号と位相シフタを通過した信号とを乗算する乗算器とを有することが好ましく、また、乗算器により乗算された出力結果を平均化する平均化器をさらに有することが好ましい。

また、位相シフタが、所定量として 90° の位相遅れを生じさせるオールパスフィルタからなることが好ましい。

【0011】

さらに、変更手段は、乗算器による乗算結果が所定の値を超えた場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、乗算器による乗算結果が所定の値を下回った場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせることが好ましい。

そして、ノッチフィルタは、サーボ制御部から送信されたサーボ信号を通過させるオールパスフィルタと、オールパスフィルタを通過した信号とオールパスフィルタを通過しないサーボ信号とを加算する第一の加算器とを含み、バンドパスフィルタは、オールパスフィルタと、オールパスフィルタを通過した信号の負の値とオールパスフィルタを通過しないサーボ信号とを加算する第二の加算器とを含むことが好ましい。

【0012】

また、本発明は、コンピュータに、サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す機能と、共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能と、共振周波数側にノッチフィルタの中心周波数をシフトさせる機能とを実現させるプログラムとして把握することができる。

【0013】

ここで、サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す機能は、バンドパスフィルタにサーボ信号を通過させることができが好ましく、共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能は、取り出された共振周波数の信号とサーボ信号の位相を90°遅らせた遅延信号とを乗算することであり、共振周波数側にノッチフィルタの中心周波数をシフトさせる機能は、第二のステップにおける出力が所定の値を超えた場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、出力が所定の値を下回った場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせることが好ましい。

また、共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能は、取り出された共振周波数の信号とサーボ信号の位相を90°遅らせた遅延信号とを乗算した後、乗算された出力結果を平均化することが好ましい。

【0014】

これらのコンピュータに実行させるプログラムは、このコンピュータが読み取り可能に記憶した記憶媒体に格納される形態がある。この記憶媒体としては、例えばCD-ROM媒体等が該当し、コンピュータにおけるCD-ROM読取装置によってプログラムが読み取られ、例えば、コンピュータにおけるハードディスク等の各種メモリにこのプログラムが格納され、実行される形態が考えられる。また、これらのプログラムは、例えば、プログラム伝送装置によってネットワークを介してノートPCや携帯端末に提供される形態が考えられる。このようなプログラム伝送装置としては、プログラムを格納するメモリと、ネットワークを介してプログラムを提供するプログラム伝送手段とを備えていれば足りる。

【0015】

また、本発明は、上述したプログラムの発明における各機能をステップで表現した方法の発明として把握することもできる。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、実施の形態について詳細に説明する。

—実施の形態1—

図1は、実施の形態1に係るハードディスクドライブ1の主要部を示すプロック図である。このハードディスクドライブ1は、磁気ディスク2、スピンドルモータ3、磁気ヘッド4、アクチュエータ5、VCM(ボイスコイルモータ)6、DAC(Digital/Analog Converter)7、VCMドライバ8、フィルタ回路9、リード/ライト回路11、MPU(Micro Processing Unit)12、HDC(Hard Disc Controller)13、ROM(Read Only Memory)14を有しており、HDC13を介してHOST(ホストコンピュータ)30に接続されている。このハードディスクドライブ1は、スピンドルモータ3によって回転駆動される磁気ディスク2上を磁気ヘッド4がシークし且つ所定のトラック(ターゲットトラック)に留まって磁気ディスク2に対してデータを書き込み、または磁気ディスク2に書き込まれたデータを読み出す記憶再生装置である。磁気ディスク2は、必要に応じて単数または複数搭載されるが、図1においては、単数の例を示している。

【0017】

磁気ディスク2は、ハードディスクドライブ1が動作しているとき、スピンドルモータ3のスピンドル軸を中心にして回転駆動され、ハードディスクドライブ1が非動作のとき、回転停止(静止)する。

磁気ヘッド4は、アクチュエータ5の先端部に磁気ディスク2の表裏面に対応して二つ保持されている。磁気ヘッド4は、磁気ディスク2に対してデータの書き込みおよび読み出しを実行する。また、磁気ディスク2に記憶されているサーボ情報を読み取る。なお、サーボ情報については後述する。磁気ヘッド4は、アクチュエータ5と一体となって磁気ディスク2の半径方向に移動する。磁気ヘッド4が駆動されない場合に待避するためのランプ(図示せず)が、磁気ディスク2よりも外方に配置されている。

【0018】

アクチュエータ5は、VCM6によって駆動される。したがって、VCM6が磁気ヘッド4を駆動するということもできる。VCM6は、コイルを要素とする可動子と永久磁石を要素とする固定子とから構成されており、このコイルに所定の電流をVCMドライバ8から供給することにより、可動子を駆動させ、磁気ヘッド4を磁気ディスク2上のターゲットトラックに向けて移動あるいは停止させ

る。アクチュエータ5は、通常の状態において10500Hzの共振周波数を有している。

【0019】

リード／ライト回路11は、データの読み／書き処理を実行する。つまり、HDC13を介してHOST30から転送された書き込みデータを書き込み信号(電流)に変換して磁気ヘッド4に供給する。磁気ヘッド4は、この書き込み電流に基づいて磁気ディスク2に対してデータの書き込みを実行する。一方、磁気ディスク2から読み出した読み出し信号(電流)をデジタルデータに変換してHDC13を介してHOST30に出力する。このデジタルデータには、サーボ情報も含まれている。

【0020】

HDC13は、ハードディスクドライブ1のインターフェースとしての機能を有している。その機能の一つとして、HOST30から転送された書き込みデータを受け取ると共にリード／ライト回路11に転送する。また、リード／ライト回路11から転送される読み出しデータをHOST30に転送する。さらに、HOST30からの指示コマンド等を受けて読み出しデータをMPU12に転送する。

【0021】

MPU12は、ハードディスクドライブ1の制御を担う。MPU12は、サーボコントローラ12aとしての機能を有しており、磁気ヘッド4の移動制御、換言すればシーク制御やフォロイング制御も実行する。MPU12は、ROM14に格納されたプログラムを解釈、実行する。MPU12(サーボコントローラ12a)は、リード／ライト回路11から転送されたサーボ情報に基づいて磁気ヘッド4の位置を判断し、判断した磁気ヘッド4の位置と目標位置との偏差に基づいて磁気ヘッド4の速度制御値をDAC7に向けて出力する。磁気ヘッド4の移動指令としての速度制御値は、サーボ情報が磁気ヘッド4で読み出されるたびに出力される。

【0022】

DAC7は、磁気ヘッド4から出力された速度制御値をアナログ信号(電圧信

号)に変換すると共に、VCMドライバ8に出力する。

VCMドライバ8は、DAC7から受けた電圧信号を駆動電流に変換してVCM6に供給する。

フィルタ回路9は、速度制御値中に含まれるアクチュエータ5の共振周波数における利得を低減する機能を有しており、アクチュエータ5の共振周波数における利得を低減した速度制御値をDAC7に受け渡す。また、アクチュエータ5の設定共振周波数と実際の共振周波数との相違を検出する機能を有しており、検出値をMPU12(サーボコントローラ12a)にフィードバックする。このフィルタ回路9の詳細については後述する。

【0023】

HOST30は、CD-ROM、DVD-ROM(DVD Read Only Memory)等のディスク媒体に記録されたプログラムやデータを読み取るディスクドライブ30a、外部のネットワークと通信や各種プログラムのダウンロードを行うためのネットワークインターフェース(NI/F)30bを有している。

【0024】

図2は、磁気ディスク2の記憶面(片面側)を示す図である。磁気ディスク2の表面には、磁気ディスク2の半径方向に沿って複数の位置情報(サーボ情報)記憶領域20が放射状に形成されており、他の領域にはデータ記憶領域21が形成されている。なお、図2には三つの位置情報記憶領域20およびこれらに挟まれたデータ記憶領域21を例示しているが、実際には、磁気ディスク2の円周方向にさらに多くの位置情報記憶領域20およびデータ記憶領域21が形成される。この位置情報記憶領域20に格納されたサーボ情報を磁気ヘッド4が読み取ることにより、磁気ヘッド4の位置を知ることができる。サーボ情報は、トラック識別データとバーストパターンとから構成される。トラック識別情報は、各データトラックのトラックアドレスを表す情報である。磁気ヘッド4がこのトラック識別情報を読み取ることにより、磁気ヘッド4の現在位置するトラック位置が判断可能となる。バーストパターンは、各々信号が記憶された領域が磁気ディスク2の半径方向に沿って一定間隔で配列されたもので、互いに信号記憶領域の位相が異なる複数の信号記憶領域列で構成されている。このバーストパターンから出力さ

れる信号に基づいて、データトラックに対する磁気ヘッド4のずれ量が判定可能となる。

【0025】

図3は、フィルタ回路9の詳細を示す図である。このフィルタ回路9は、サーボコントローラ12aから出力された速度制御値uが入力されるAPF (All Pass Filter) 31と、サーボコントローラ12aからの速度制御値uとAPF 31を通過したAPF通過信号vとを加算する第一の加算器32とを有している。そして、第一の加算器32の出力f(n)は、速度制御値としてDAC 7に出力されるようになっている。なお、速度制御値uは、磁気ヘッド4で読み取ったサーボ情報に基づいてサーボコントローラ12aで設定される値であり、アクチュエータ5およびこれに取り付けられた磁気ヘッド4の移動速度を制御するための電流値である。

【0026】

また、フィルタ回路9は、速度制御値uとAPF 31を通過したAPF通過信号vの負成分-vとを加算する第二の加算器33と、速度制御値uが入力されるもう一つのAPF 34と、第二の加算器33の出力y(n)とAPF 34の出力p(n)とを乗算する乗算器35と、乗算器35の出力a(n)の平均値を計算する平均化器36と、乗算器35の過去の出力a(n-1)、a(n-2)・・・が一時的に格納されるRAM 37とを有している。そして、平均化器36の出力a(n)は、サーボコントローラ12aにフィードバックされるようになっている。

【0027】

図4(a)はAPF 31の周波数-ゲイン(利得)特性を、図4(b)はAPF 31の周波数-位相特性を示すグラフ図である。本実施の形態において、APF 31はデジタルフィルタである。APF 31は、図4(a)(b)から明らかなように、周波数に対するゲインは略一定である反面、周波数に対する位相は周波数の関数として0°から-360°まで変化する。APF 31は、中心周波数fcで、速度制御値uに対して180°の位相遅れが生じた出力vを出力するようになっている。APF 31の伝達関数H(z)は、以下の式で表される。

【0028】

【数1】

$$H(z) = \frac{a_2 z^2 + a_1 (1 + a_2) z + 1}{z^2 + a_1 (1 + a_2) z + a_2}$$

但し、

$$a_1 = -\cos(\omega_0 T_s)$$

ω_0 ：中心周波数

T_s ：サンプリングタイム

【0029】

なお、本実施の形態では、APF31の中心周波数fcを可変できるようになっており、初期状態では、アクチュエータ5(図1参照)の通常の共振周波数と同じ10500Hzに設定される。

【0030】

図5は、もう一つのAPF34の周波数ー位相特性を示すグラフ図である。本実施の形態では、APF34もデジタルフィルタである。このAPF34の90°位相遅れが生じる周波数は、APF31の中心周波数と同じく10500Hzに設定されている。つまり、本実施の形態では、APF34が位相をシフトさせる位相シフタとして作動する。

【0031】

図3において、第一の加算器32は、サーボコントローラ12aからの速度制御値uとAPF31を通過したAPF通過信号vとを加算する。図4(b)に示したように、APF通過信号vは、カットオフ周波数fc(10500Hz)で速度制御値uに対して180°の位相遅れが生じている。このため、第一の加算器32からの出力f(n)の周波数ーゲイン特性は、図6に示すように、10500Hzを中心周波数とし、その前後の周波数成分も少し低減するノッチが形成されたものとなる。すなわち、APF31および第一の加算器32により、10500Hzを中心周波数とするノッチフィルタが構成されることになる。したがって、サー

ボコントローラ12aから出力された速度制御値uは、このノッチフィルタによって10500Hz近傍の周波数(アクチュエータ5の共振周波数に対応する)における利得が低減された状態で、D A C 7に出力されることになる。このノッチフィルタの伝達関数H(z)は、以下の式で表される。なお、図6は、サンプリングタイム39.68μs、 $a_2=0.88205$ のときの関係を示している。

【0032】

【数2】

$$H(z) = \frac{1}{2} (1 + a_2) \frac{z^2 + 2a_1 z + 1}{z^2 + a_1 (1 + a_2) z + a_2}$$

【0033】

また、第二の加算器33は、サーボコントローラ12aからの速度制御値uとA P F 3 1を通過したA P F 通過信号vの負成分-vとを加算する。換言すれば、速度制御値uとA P F 通過信号vとの差分を計算する。図4(b)に示したように、A P F 通過信号vは、カットオフ周波数fc(10500Hz)で速度制御値uに対して180°の位相遅れが生じている。このため、第二の加算器33からの出力y(n)の周波数-ゲイン特性は、図7に示すように、10500Hzを中心とし、その前後の周波数成分も少し通過するピークが形成されたものとなる。また、出力y(n)の周波数-位相特性は、図8に示すように、10500Hzで位相の進み遅れがなくなり、10500Hz未満では位相が進み、10500Hzを越えると位相が遅れる特徴を有する。すなわち、A P F 3 1および第二の加算器33により、10500Hzを中心周波数とするバンドパスフィルタが構成されることになる。したがって、サーボコントローラ12aから出力された速度制御値uは、このバンドパスフィルタによって10500Hz近傍の周波数(アクチュエータ5の共振周波数に対応する)のみが通過した状態で、乗算器35に出力されることになる。

【0034】

さらに、乗算器35は、第二の加算器33の出力y(n)とA P F 3 4の出力p(n)

とを乗算する。図5に示したように、APF34の出力p(n)は、周波数10500Hzで速度制御値uに対して90°の位相遅れが生じている。

【0035】

ここで、APF31および第二の加算器33により構成されるバンドパスフィルタの利得をX、そのときの位相をY、APF34による位相遅れをZ-π/2、バンドパスフィルタへの入力をsin(ωt)とすると、バンドパスフィルタの出力y(n)は、

$$y(n) = X \sin(\omega t + Y)$$

また、APF34の出力p(n)は、

$$p(n) = \sin(\omega t + Z - \pi/2) = -\cos(\omega t + Z)$$

となり、これらの積a(n)は、

$$a(n) = -X/2 \{ \sin(Y - Z) + \sin(2\omega t + Y + Z) \}$$

となる。この直流成分は、バンドパスフィルタの利得およびAPF34の位相により決まる。このため、乗算器35から出力される電圧a(n)は、図9に示すように、10500Hzで0、10500Hz未満では負、10500Hzを越えると正になる。つまり、アクチュエータ5の本当の共振周波数が10500Hz未満である場合には電圧a(n)が負の値を示し、アクチュエータの本当の共振周波数が10500Hzを越えている場合には電圧a(n)が正の値を示すことになる。

【0036】

さらにまた、平均化器36は、RAM37に蓄積された乗算器35の過去の出力電圧a(n-1)、a(n-2)…と、今出力された出力電圧a(n)との平均を計算し、平均出力a(n)として出力する。本実施の形態では、過去五回の出力電圧a(n-1)～a(n-5)と今回の出力電圧a(n)とによって平均値a(n)を計算するようになっている。

【0037】

図10は、フィルタ回路9およびサーボコントローラ12aによるフィードバック制御プロセスを示すフローチャートである。

まず、APF31において、所定のタイミングでサーボサンプリングが実行さ

れる(ステップS101)と、バンドパスフィルタ(APF31と第二の加算器33とによって構成される)により、出力 $y(n)$ が計算される(ステップS102)。

次いで、ステップS101でサンプリングされた値がAPF34に入力され、APF34において出力 $p(n)$ が計算され(ステップS103)、乗算器35により、 $a(n)$ すなわち $p(n) \times y(n)$ が計算される(ステップS104)。

さらに、この出力 $a(n)$ と、RAM37に格納された過去の出力 $a(n-1) \sim a(n-5)$ とに基づいて、平均出力 $a(n)$ が計算される(ステップS105)。

そして、平均出力 $a(n)$ がサーボコントローラ12aに返送されると、まず、平均出力 $a(n)$ が0.1(V)より大きいか否かが判断され(ステップS106)、平均出力 $a(n)$ が0.1(V)より大きいと判断された場合には、ノッチフィルタを構成するAPF31の中心周波数を所定値(例えば10Hz)だけ低周波側にシフトさせるよう、APF31に対して制御信号を送出し(ステップS107)、ステップS101に戻る。

【0038】

一方、ステップS106において平均出力 $a(n)$ が0.1Vよりも小さいと判断された場合には、次に、平均出力 $a(n)$ が-0.1Vよりも小さいか否かが判断され(ステップS108)、平均出力 $a(n)$ が-0.1Vよりも小さいと判断された場合には、ノッチフィルタを構成するAPF31の中心周波数を所定値(例えば10Hz)だけ高周波側へシフトさせるよう、APF31に対して制御信号を出し(ステップS109)、ステップS101へと戻る。なお、ステップS108において、平均出力 $a(n)$ が-0.1Vよりも大きいと判断された場合には、ノッチフィルタを構成するAPF31の中心周波数を変更することなく、そのままステップS101へと戻る。

【0039】

本実施の形態では、APF31および第二の加算器33とで構成されるバンドパスフィルタ、APF34、乗算器35を用いてアクチュエータ5の現状の共振周波数が、APF31の中心周波数の設定値からどの程度ずれているのかを検出し、この検出結果に基づいてAPF31の中心周波数を適宜調整するようにした。このようにしてAPF31の中心周波数を調整することにより、APF31お

および第一の加算器32とで構成されるノッチフィルタに設定された中心周波数を、自動的に現状のアクチュエータ5の共振周波数に近づけることができる。したがって、アクチュエータ5の共振周波数が何らかの理由で変動した場合においても、中心周波数が調整されたノッチフィルタで、速度制御値u中に含まれるアクチュエータ5の共振周波数における利得を低減してからD A C 7に出力することが可能となり、サーボ制御性能の低下を抑制することができる。

【0040】

また、本実施の形態では、乗算器35からの出力a(n)と過去の出力a(n-1)～a(n-5)と平均した平均値a(n)をサーボコントローラ12aにフィードバックするようにしたので、サーボ制御における誤差を小さくすることができる。

さらに、上述した共振周波数と中心周波数との調整動作は、実動作のバックグラウンドで行われるため、周波数調整の実行時間を特別に設定する必要がないという利点もある。

【0041】

なお、本実施の形態では、サーボコントローラ12aをMPU12中に組み込み、フィルタ回路9をMPU12(およびサーボコントローラ12a)とは別に構成するようにしていたが、これに限られるものではなく、フィルタ回路9をMPU12の機能の一つとして実現させるようにしてもよい。

また、本実施の形態では、A P F 3 1、A P F 3 4等をデジタルフィルタで構成していたが、これに限られるものではなく、アナログフィルタであってもよい。そして、本実施の形態では、A P F 3 4への入力を速度制御値uとしていたが、これに限られるものではなく、バンドパスフィルタからの出力y(n)とした場合にも同様の結果が得られる。

【0042】

さらに、本実施の形態では、ハードディスクドライブ1を例に説明を行ったが、これに限られるものではなく、例えばアクチュエータ5に取り付けられた光ピックアップ(ヘッドに対応)を用いて、光ディスク(記録媒体に対応)に対してデータを読み書きする光ディスクドライブ等のデータ記憶装置に対しても、同様に適用することができる。

さらにまた、本実施の形態では、アクチュエータ5の共振周波数における利得を低減する例について説明を行ったが、これに限られるものではなく、ハードディスクドライブ1を構成する他の構造体の共振周波数の影響を低減する場合にも、同様の手法を適用することができる。

【0043】

—実施の形態2—

図11は、実施の形態2に係るフィルタ回路9を示す図である。本実施の形態は、実施の形態1と略同様であるが、オールパスフィルタ(APF)および加算器によってノッチフィルタやバンドパスフィルタを実現するのではなく、ノッチフィルタおよびバンドパスフィルタを個々に形成している点が異なっている。なお、本実施の形態において、実施の形態1と同様のものについては、実施の形態1と同じ符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0044】

本実施の形態にかかるフィルタ回路9は、NF(ノッチフィルタ)41を有するNF回路40と、BPF(バンドパスフィルタ)51、APF(オールパスフィルタ)52、乗算器53、平均化器54およびRAM55を有するBPF回路50とを有している。そして、NF回路40の出力はDAC7(図1参照)に接続され、BPF回路50の出力はサーボコントローラ12aにフィードバックされるようになっている。

【0045】

本実施の形態では、BPF回路50によりアクチュエータ5(図1参照)の現状の共振周波数が、NF41の中心周波数の設定値からどの程度ずれているのかを検出し、この検出結果に基づいてNF回路40におけるNF41の中心周波数を適宜調整することにより、実施の形態1と同様、自動的に現状のアクチュエータ5の共振周波数に近づけることができる。したがって、アクチュエータ5の共振周波数が何らかの理由で変動した場合においても、中心周波数が調整されたNF41で、速度制御値u中に含まれるアクチュエータ5の共振周波数における利得を低減してからDAC7に出力することが可能となり、サーボ制御性能の低下を抑制することができる。

【0046】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、サーボ制御性能の低下を抑制しながら、アクチュエータ等の共振周波数の影響を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1に係るハードディスクドライブの主要部を示すプロック図である。

【図2】 磁気ディスクの記憶面を示す説明図である。

【図3】 実施の形態1で用いたフィルタ回路を示す説明図である。

【図4】 (a)はA P Fの周波数-ゲイン(利得)特性を、(b)はA P Fの周波数-位相特性を示すグラフ図である。

【図5】 もう一つのA P Fの周波数-位相特性を示すグラフ図である。

【図6】 A P Fと第一の加算器とで構成されるノッチフィルタの周波数-ゲイン特性を示すグラフ図である。

【図7】 A P Fと第二の加算器とで構成されるバンドパスフィルタの周波数-ゲイン特性を示すグラフ図である。

【図8】 A P Fと第二の加算器とで構成されるバンドパスフィルタの周波数-位相特性を示すグラフ図である。

【図9】 乗算器の周波数-出力電圧特性を示すグラフ図である。

【図10】 フィルタ回路およびサーボコントローラによるフィードバック制御プロセスを示すフローチャートである。

【図11】 実施の形態2で用いたフィルタ回路を示す説明図である。

【符号の説明】

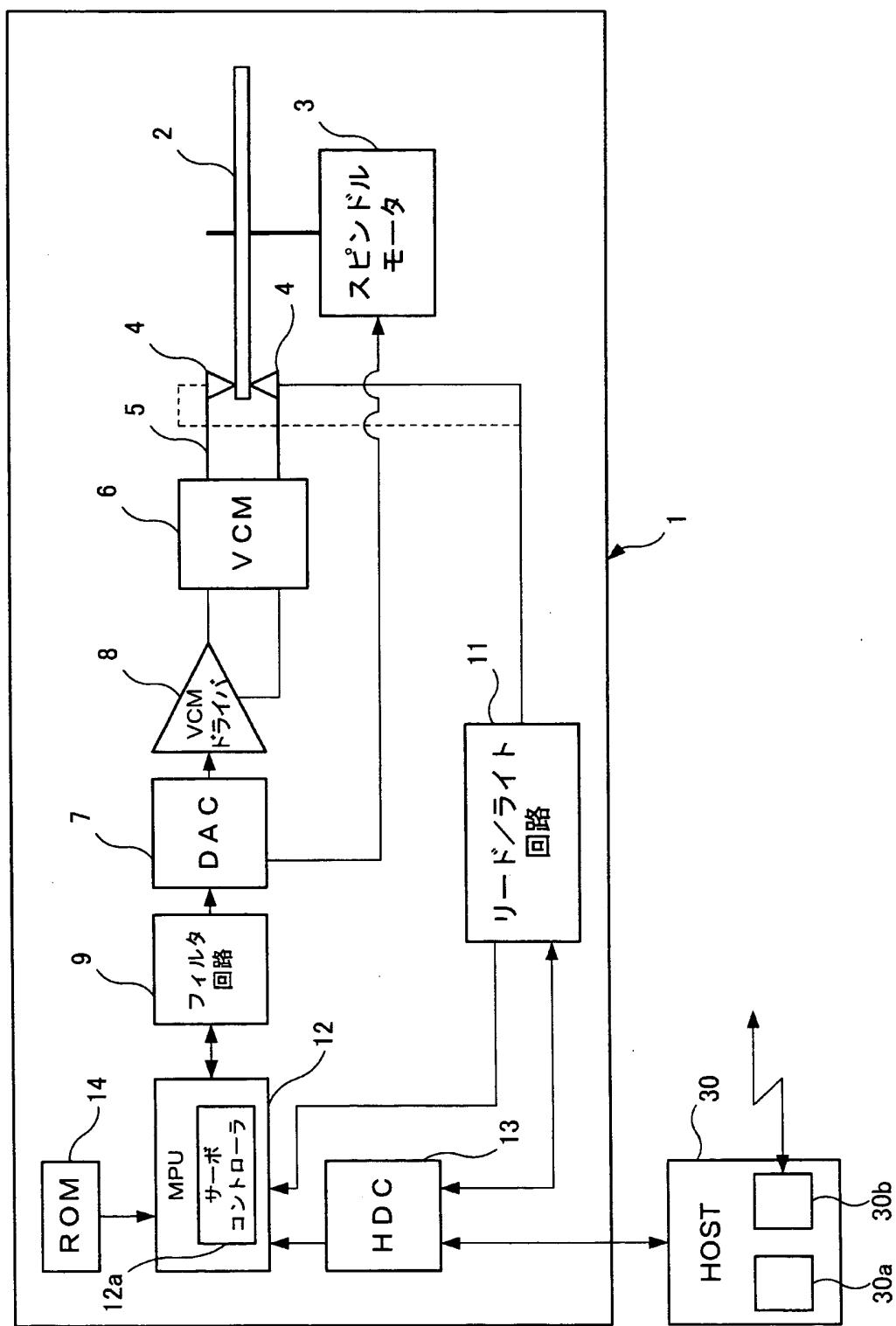
1 … ハードディスクドライブ、 2 … 磁気ディスク、 3 … スピンドルモータ、 4 … 磁気ヘッド、 5 … アクチュエータ、 6 … VCM、 7 … DAC、 8 … VCMドライバ、 9 … フィルタ回路、 11 … リード/ライト回路、 12 … MPU、 12a … サーボコントローラ、 13 … H D C、 14 … R O M、 20 … 位置情報(サーボ情報)記憶領域、 21 … データ記憶領域、 30 … H O S T、 31 … A P F、 32 … 第一の加算器、 33 … 第二の加算器、 34 … A P F、 35 … 乗算器、 36 … 平均化器

、37…RAM、40…NF回路、41…NF、50…BPF回路、51…BP
F、52…APF、53…乘算器、54…平均化器、55…RAM

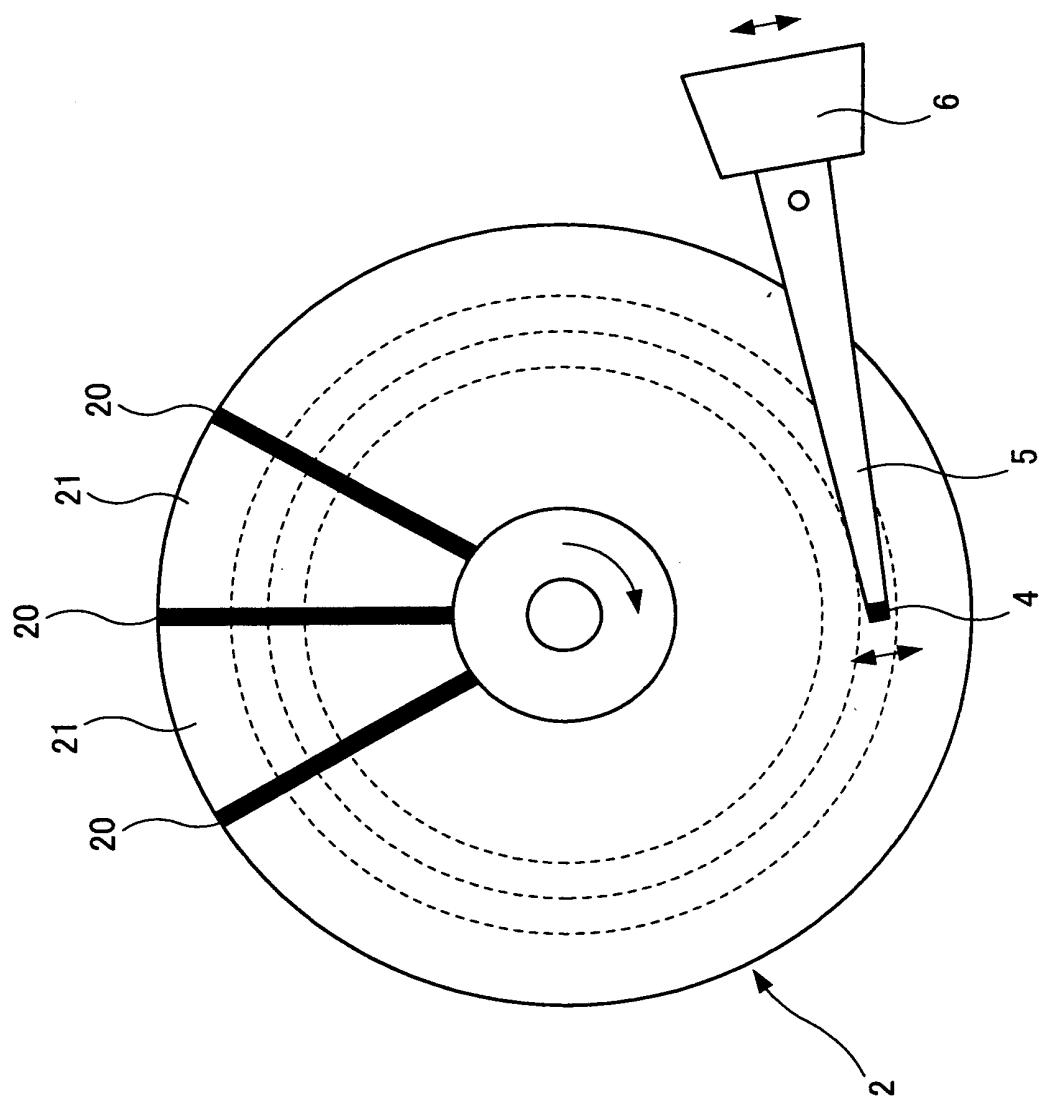
【書類名】

図面

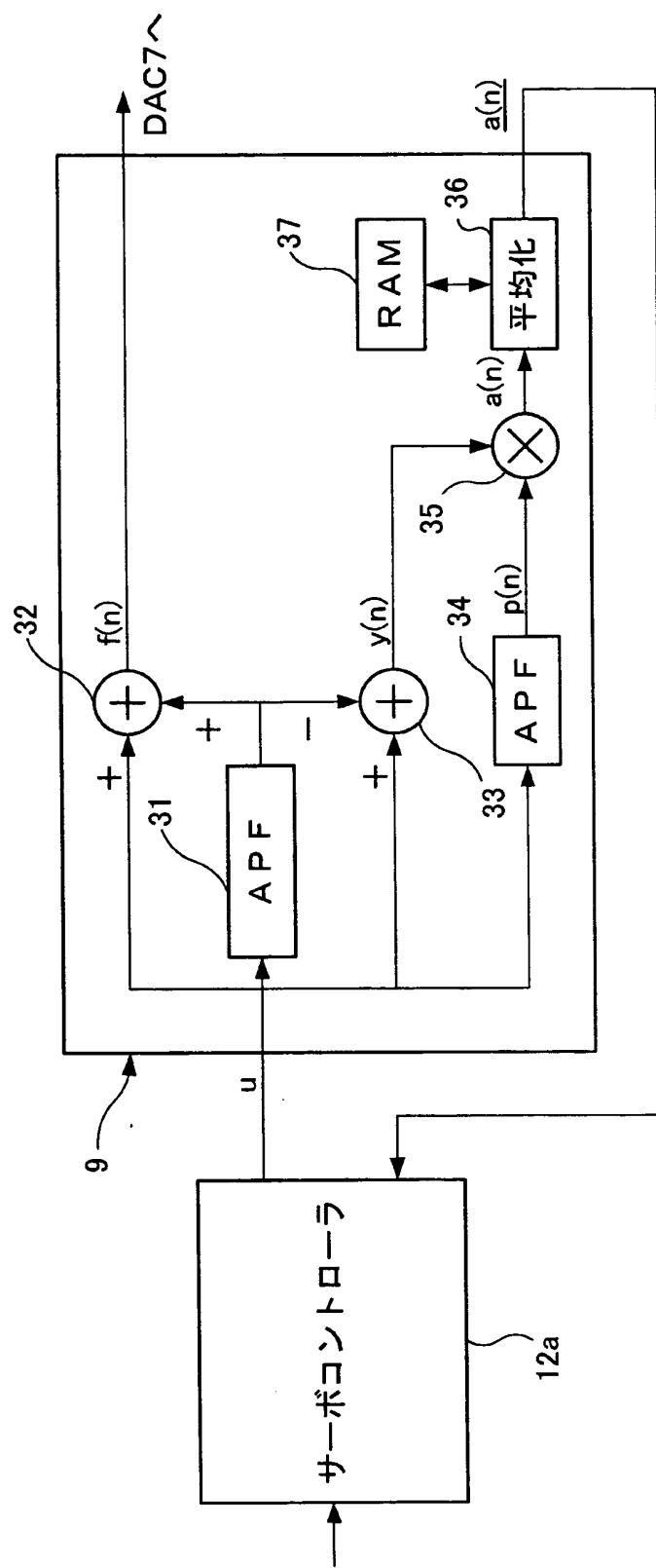
【図1】



【図2】

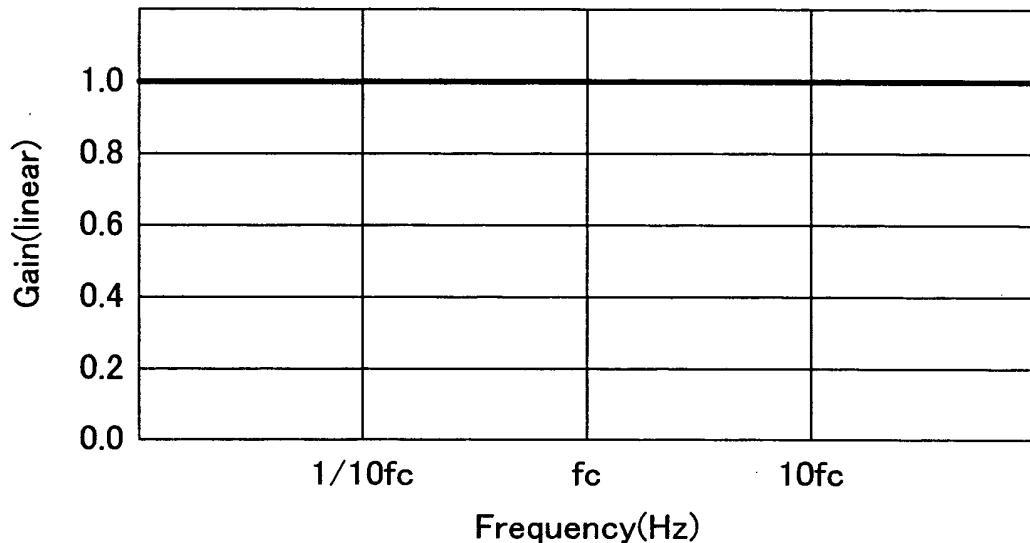


【図3】

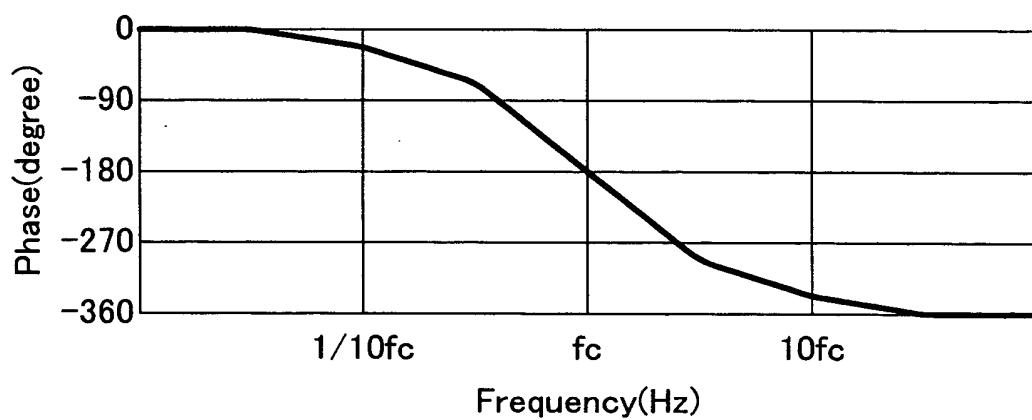


【図4】

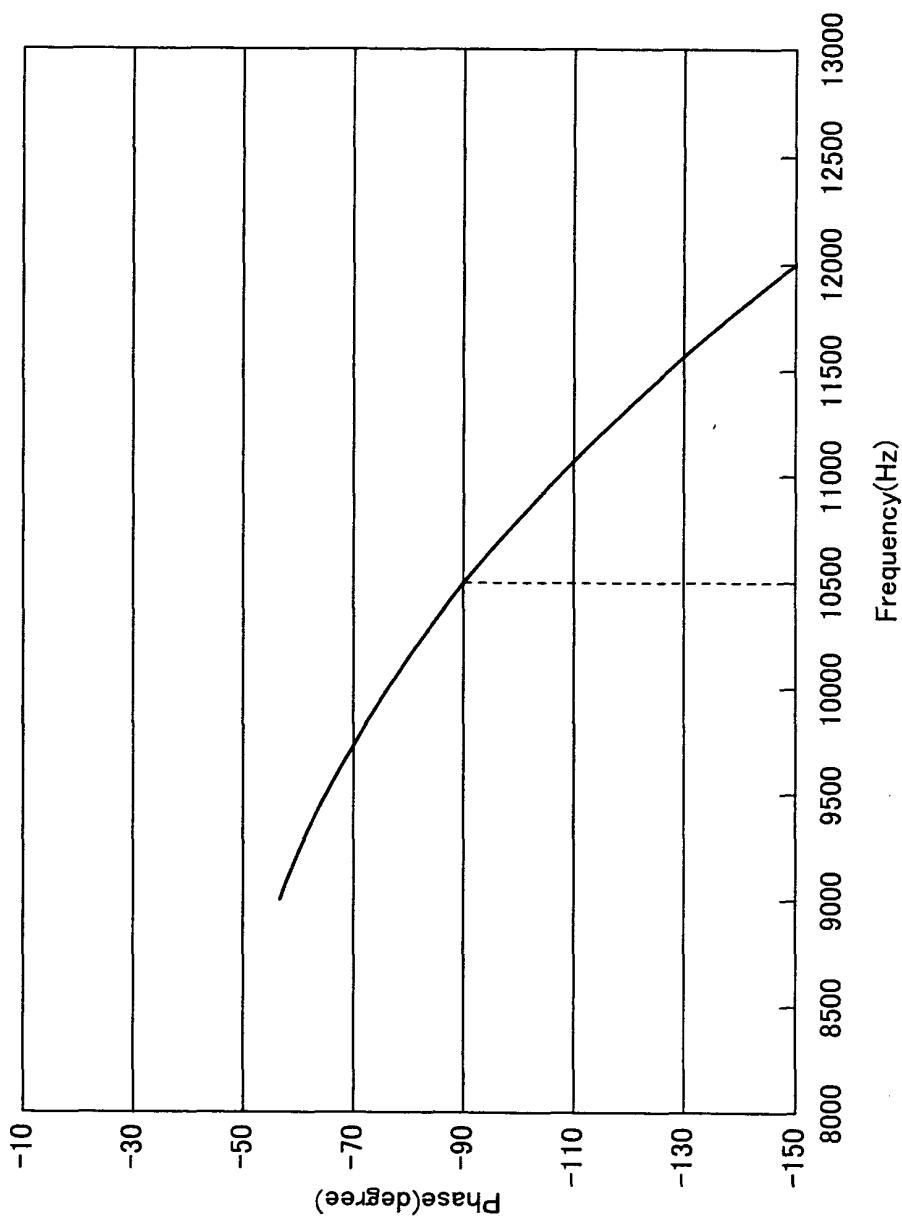
(a)



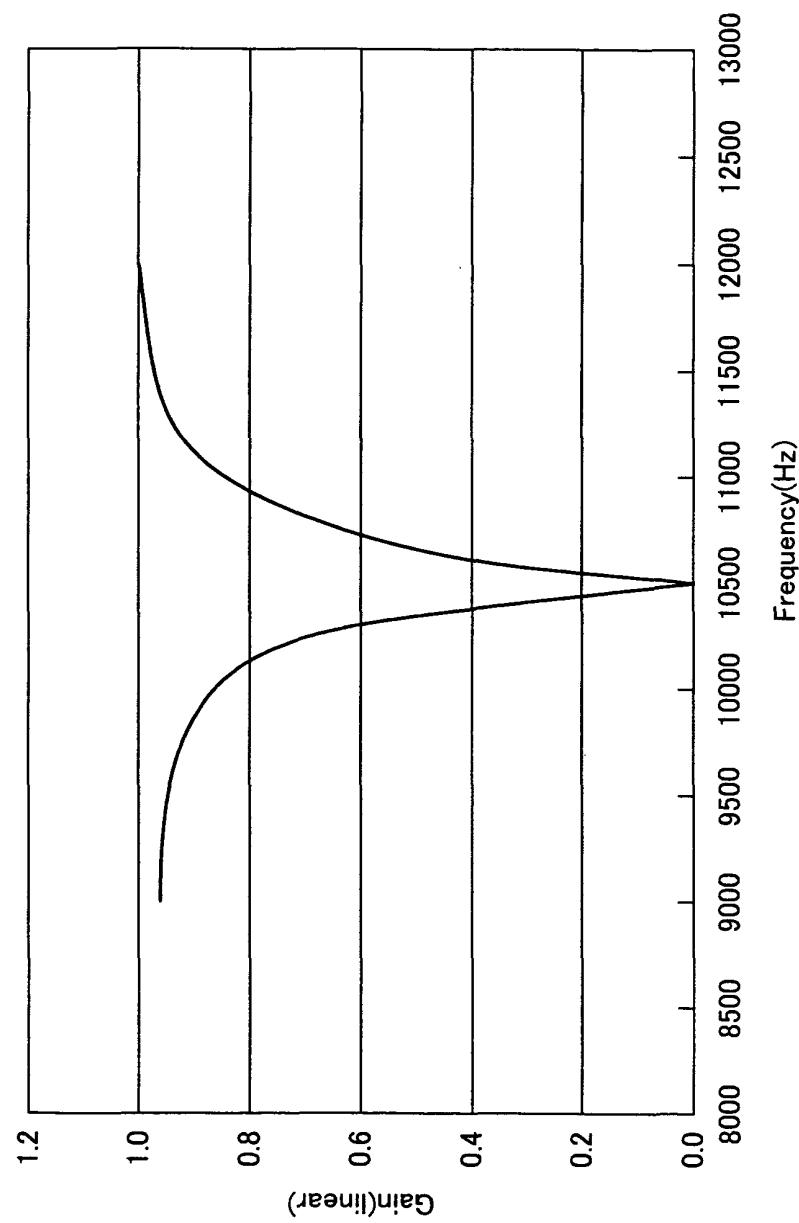
(b)



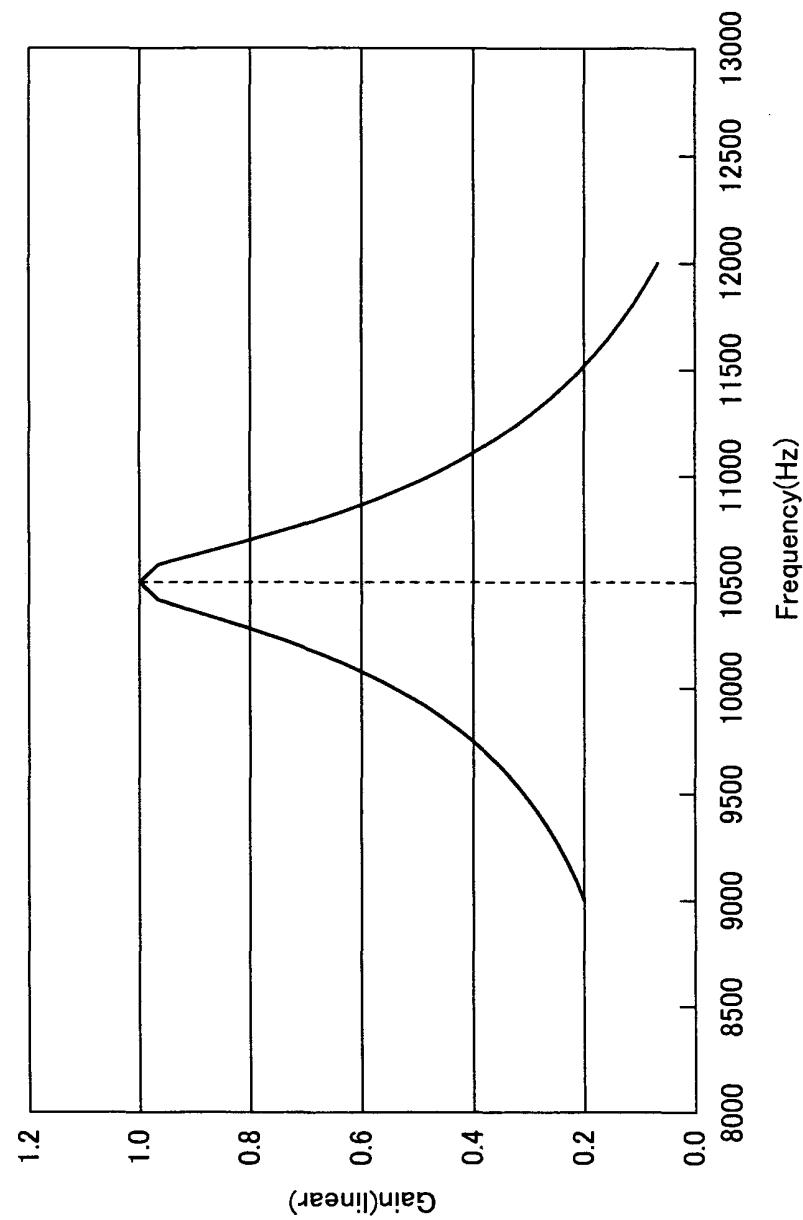
【図5】



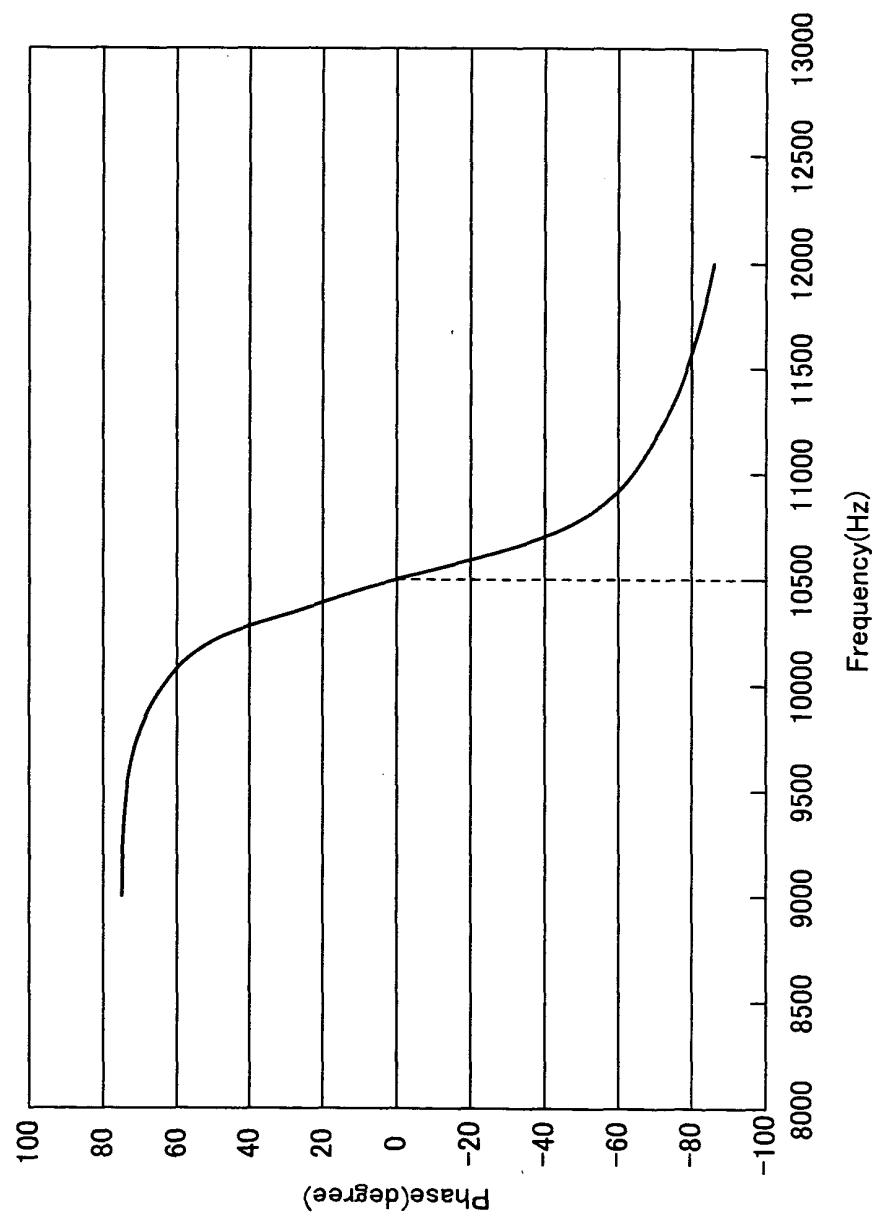
【図6】



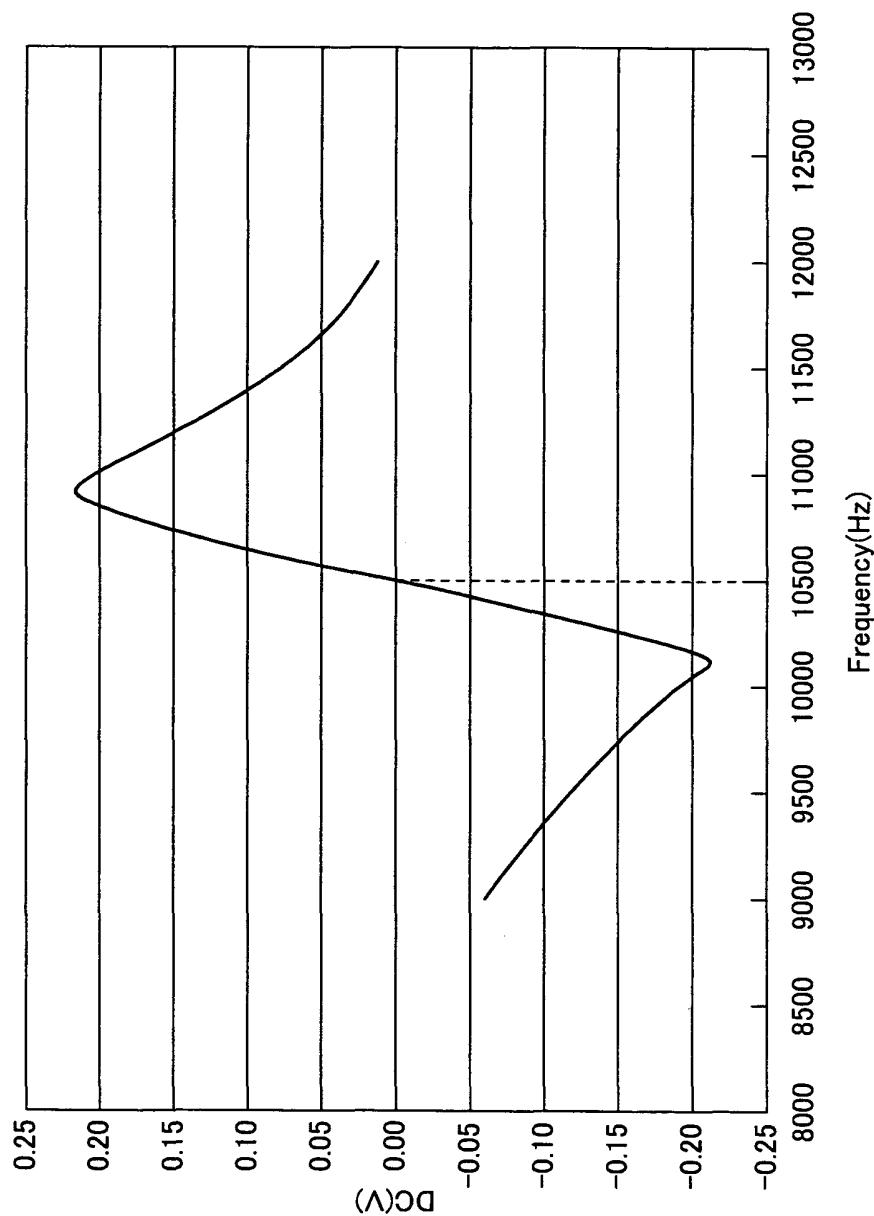
【図7】



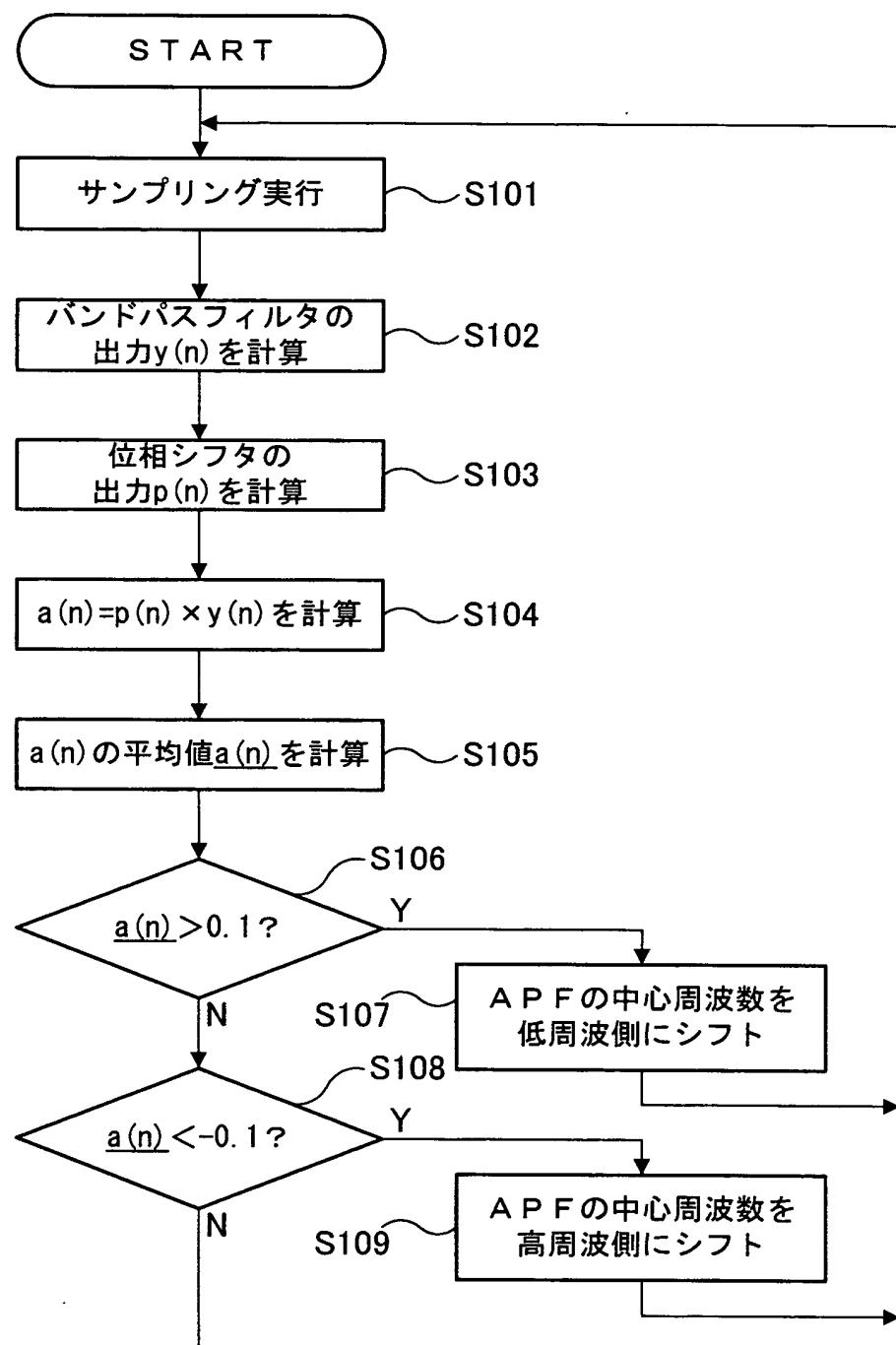
【図8】



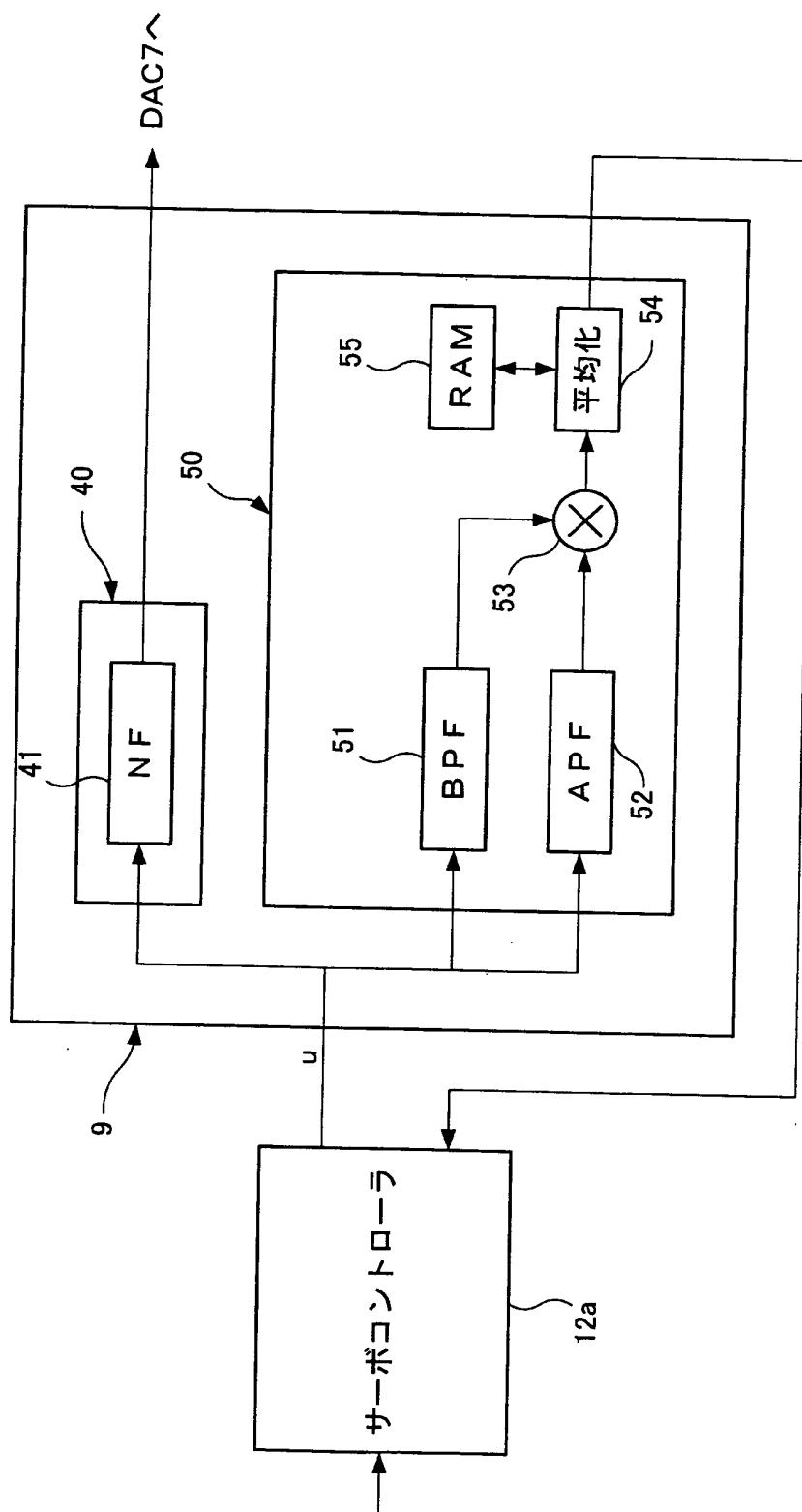
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 サーボ制御性能の低下を抑制しながら、アクチュエータ等の共振周波数の影響を低減する。

【解決手段】 A P F 3 1 および第二の加算器 3 3 とで構成されるバンドパスフィルタ、A P F 3 4、乗算器 3 5 を用いて、アクチュエータの現状の共振周波数が、A P F 3 1 の中心周波数の設定値からどの程度ずれているのかを検出し、この検出結果に基づいて A P F 3 1 の中心周波数を適宜調整するようにした。このようにして A P F 3 1 の中心周波数を調整することにより、A P F 3 1 および第一の加算器 3 2 とで構成されるノッチフィルタの中心周波数を、自動的に現状のアクチュエータ 5 の共振周波数に近づけることが可能になる。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-244238
受付番号	50201254257
書類名	特許願
担当官	金井 邦仁 3072
作成日	平成14年 8月27日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	390009531
【住所又は居所】	アメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コープレーション
【氏名又は名称】	

【代理人】

【識別番号】	100086243
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内 坂口 博
【氏名又は名称】	

【代理人】

【識別番号】	100091568
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内 市位 嘉宏
【氏名又は名称】	

【代理人】

【識別番号】	100108501
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 知的所有権 上野 剛史
【氏名又は名称】	

【復代理人】

【識別番号】	100104880
【住所又は居所】	東京都港区赤坂 5-4-11 山口建設第2ビル 6F セリオ国際特許事務所
【氏名又は名称】	吉部 次郎

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [390009531]

1. 変更年月日 2002年 6月 3日

[変更理由] 住所変更

住 所 アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク ニ
ュー オーチャード ロード

氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション